

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**ქუთუნა პეტრიაშვილი, დავით სონდულაშვილი,
ია მოსაშვილი**

ვირტუალური სამუშაოები ზოგად ქიმიაში



რეკომენდებულია საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 28.10.2015, ოქმი №2

ნაშრომი „ვირტუალური სამუშაოები ზოგად ქიმიაში“ დაეხმარება სტუდენტებს, ისწავლონ პრაქტიკული და ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარების ერთ-ერთი გაერცელებული ვირტუალური მეთოდი. მასში შეტანილია ზოგადი ქიმიის არსებული სიღაბუსის შესაბამისი კომპიუტერული ვირტუალური სასწავლო პრაქტიკული და ლაბორატორიული სამუშაოების გარკვეული ნაწილი. მათი დაუფლებით სტუდენტი შეძლებს, ვირტუალურად დააკვირდეს სხვადასხვა ქიმიური პროცესის მიმდინარეობას, გააკეთოს გათვლები და დასკვნები, მიიღოს შესაბამისი შეფასება.

ნაშრომს, რომელიც შედგება 2 პრაქტიკული და 8 ლაბორატორიული სამუშაოსაგან თან ერთვის ანიმაციური ვიდეომასალა.

„ვირტუალური სამუშაოები ზოგად ქიმიაში“ ხელს შეუწყობს ინფორმაციის ვიზუალურად მიწოდებას, განკუთვნილია სტუდენტთა დამოუკიდებელი მუშაობისათვის და სხვა სასწავლო-მეთოდიკურ ლიტერატურასთან კომპლექსში დიდ გახმარებას გაუწევს მათ პროგრამული მასალის უკეთ ათვისებაში.

რეცენზენტები: პროფესორი თენგიზ წიგწივაძე,
პროფესორი გოგი მჭედლიშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016

ISBN 978-9941-20-646-7

<http://www.gtu.ge>

ველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

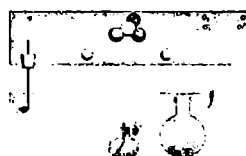


1. ქიმიური ჯურჯელი და აღჭურვილობა ————— 5



2. ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემა და
პერიოდულობა ————— 13

3. ქიმიურ ნაერთთა ძირითადი კლასები ————— 19



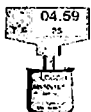
4. ფუძეთა შედარებითი სიმკვრივე ————— 25



5. მჟავათა შედარებითი სიმკვრივე ————— 34



6. გუშერული ხსნარები ————— 43



7. მოლეკულის აღნაგობა და ელემენტრობამტარობა 48



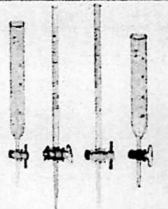
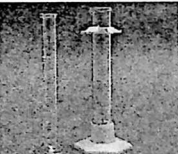
8. კომპლექსური ნაერთები ————— 57

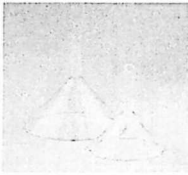


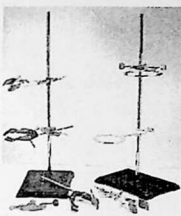
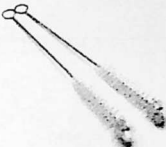
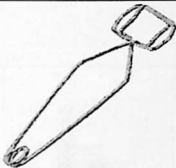
9. გამოყენებული ლიტერატურა ————— 67

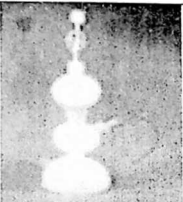
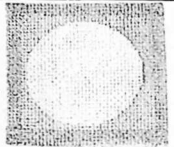
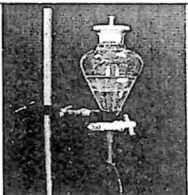
10. დანართი ————— 68

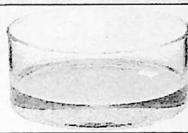
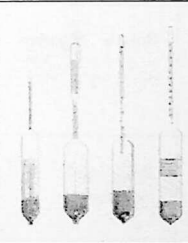
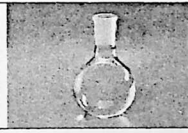
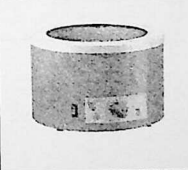
სამუშაო 1
ლაბორატორიული აღჭურვილობა

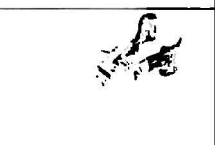
ქიმიური ჯურჯელი და ინსტრუმენტი			
	სახელწოდება	დანიშნულება	სურათი
1	ქიმიური ჭიქა	ხსნარების შერევა და გათბობა	
2	აირის სანთურა	გახურება	
3	ბიურეტი	გატიტრებისას სითხის მოცულობის დიდი სიზუსტით განსაზღვრა	
4	ფაიფურის ტიგელი	ნივთიერების მაღალ ტემპერატურაზე გამოშრობა ან გადნობა	
5	საზომი ცილინდრი	სითხეთა მოცულობის დადგენა; არეომეტრით სითხის სიმკვრივის განსაზღვრა	

6	ფაიფურის ჯამი	ხსნარის აორთქლება	
7	ბრტყელძირა კოლბა	ხსნართა მომზადება ან გაცხელება	
8	ძაბრი	გაფილტვრა ფილტრის ქაღალდის გამოყენებით	
9	მაცივარი (კონდენსატორი)	გამოხდისას ორთქლის გაცივება	
10	ფაიფურის როდინი	კრისტალური ნივთიერების დაქუცმაცება	
11	პიპეტი	ხსნარის ან თხევადი ნივთიერების წვეთობით დამატება	

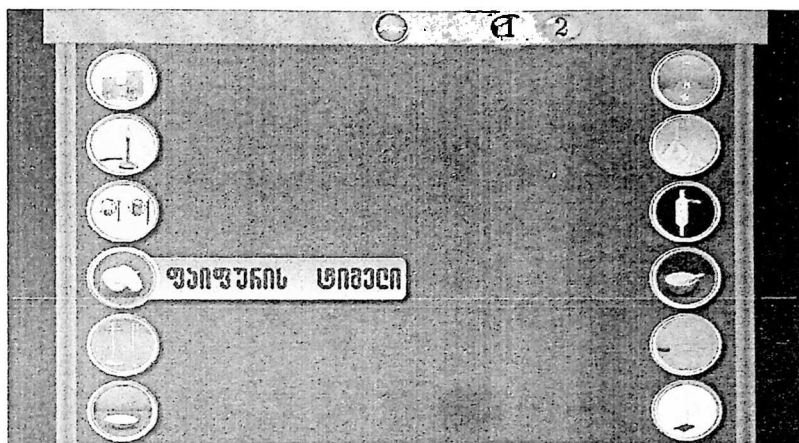
12	შტატივი	მეტალის სადგარზე ქიმიური ჭურჭლის დამაგრება სხვადასხვა ფორმის რგოლებისა და თათების საშუალებით	
13	საცობი	კოლბაზე თერმომეტრის ან სხვა გადამყვანის დამაგრება	
14	სინჯარის ჯაგრისი	სინჯარების გასუფთავება	
15	სინჯარის დამჭერი	ცხელი სინჯარისა და სხვ. აღება	
16	სინჯარები შტატივით	ტესტური რეაქციების ჩატარება	
17	ექსიკატორი	ნაერთების შენახვა და გაშრობა	
18	ფაიფურის სამკუთხედი	გაცხელებისას ჯამის ან ტიგელის შტატივის რგოლზე მოთავსება	
19	საათის მინა	ნივთიერების მოთავსება აწონვისას ან გადატანისას	

20	კიპის აპარატი	მყარი და თხევადი ნივთიერებების ურთიერთქმედებით აირის მიღება	
21	აზბესტის ბადე	მინის ჭურჭელსა და სითბოს წყაროს შორის მოთავსება	
22	pH მეტრი	ხსნარის pH-ის განსაზღვრა	
23	გამყოფი ძაბრი	სხვადასხვა სიმკვრივის, შეურევი სითხეების დაყოფა	
24	Vაცუუმ-ფილტრი	ვაკუუმგაფილტვრა; შეიცავს ფოროვან მინას, რომელიც ფილტრის ფუნქციას ასრულებს	
25	კონუსური (ერლენმეიერის) კოლბა	ხსნარების დამზადება; გაფილტვრა; გატიტვრა; გამოხდა. მიმღებ კოლბად გამოყენება	
26	პეტრის ჯამი	სინჯის დატანა ან ნივთიერების ექსიკატორში მოთავსება	

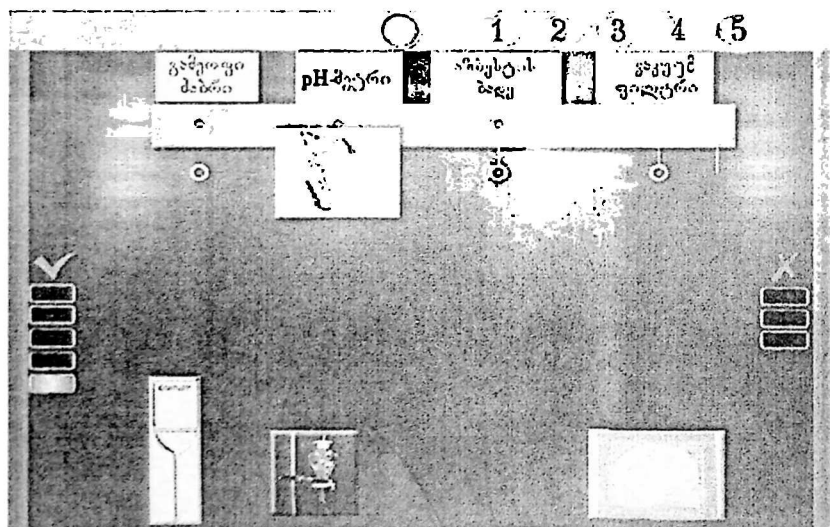
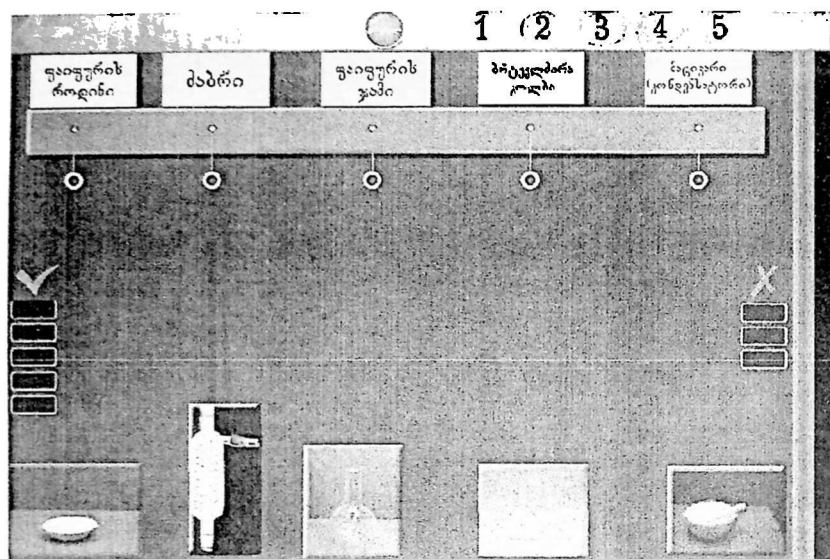
27	მზომი კოლბები	ზუსტი კონცენტრაციის ხსნარების დამზადება	
28	ბუნზენის კოლბა	ვაკუუმის პირობებში გაფილტვრა	
29	ბიუნზენის ძაბრი	ვაკუუმის პირობებში გაფილტვრა	
30	კრისტალიზატორი	სითხის აორთქლება	
31	არეომეტრი	სითხეების სიმკვრივის გაზომვა	
32	მრგვალძირა კოლბა	ქიმიური რეაქციის ჩატარება; გამოხდა	
33	კოლბის გამახურებელი	გამოხდისას მრგვალძირა კოლბის შიგთავსის გაცხელება	

34	სპირტქურა	გათბობა ტესტური რეაქციების ჩატარებისას	
35	ბიუქსი	ნივთიერების შენახვა	
36	ფილტრის ქაღალდი	გასაფილტრად. წითელი ლენტით-სწრაფი , თეთრი ლენტით-საშუალო, ლურჯი ლენტით-დაბალი სინქარით გაფილტვრისას	
37	გამოსახდელი მოწყობილობა	სხვადასხვა დუდილის ტემპერატურის მქონე შერევადი სითხეების დაცილება	
38	მინის წკირი	ხსნარის მორევა, სინჯის დატანა	
39	შტატივის რგოლი	შტატივზე დამაგრება, ფაიფურის ჯამის, სამკუთხედის და სხვათა მოთავსება	
40	შტატივის თათი	შტატივზე სხვადასხვა მოწყობილობის დამაგრება	

ნართეთ ანიმაცია და გაიმეორეთ ძირითადი ჯურჯლისა და ინსტრუმენტის
სახელწოდება



ჩართეთ ანოზაცია, შეასრულეთ დავალება და დააბრუნეთ ტულები:



სამუშაო 2

ჰიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემა და პერიოდულობა

ატომური ორბიტალების შემსახის თანმიმდევრობა

ატომში ელექტრონების განაწილების გამოსახვას ღონეებსა და ქვეღონეებზე ელექტრონული ფორმულები ეწოდება.

ელექტრონული ფორმულების შედგენისას უნდა ვიხელმძღვანელოთ სამი პრინციპით. ესენია: უმცირესი ენერგიის პრინციპი, პაულის აკრძალვის პრინციპი, პუნდის წესი.

უმცირესი ენერგიის პრინციპის თანახმად, ჯერ ივსება ის ღონე, რომელსაც მინიმალური ენერგია აქვს ანუ უფრო ახლოსაა ატომბირთვთან (n -ის მნიშვნელობა ნაკლებია). ზოგიერთი ორბიტალის ენერგეტიკული მდგომარეობის დასახასიათებლად შემოიღებულია კლენკოვსკის წესი. რომელიც ითვალისწინებს შეესების თანმიმდევრობას ($n+1$)-ის სრდის მიხედვით. თუ ($n+1$)-ის მნიშვნელობა ერთნაირია, პირველად შეივსება ის ორბიტალი, რომლის ორბიტალური კვანტური რიცხვი უფრო დიდია.

პირველ ენერგეტიკულ ღონეზე ორი s ელექტრონია, ამიტომ პირველ პერიოდში ორი ელემენტი: $1s^1$ – წყალბადი და $1s^2$ – ჰელიუმი [$1s^2$].

მეორე ენერგეტიკულ ღონეზე ორი s და p ქვეღონეებია, ამიტომ მეორე პერიოდში ხდება ჯერ s . და შემდეგ p ქვეღონის შევსება [$2s^2 2p$].

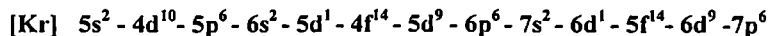
ელემენტი Li ($Z=3$) გაიმეორებს პირველი პერიოდის ბოლო ელემენტის-ჰელიუმის შევსებულ სტრუქტურას $[He]$ და დაიწყებს მეორე ღონის შევსებას.

ელემენტი Na ($Z=11$) გაიმეორებს მეორე პერიოდის ბოლო ელემენტის-პნეონის შევსებულ სტრუქტურას $[Ne]$ და დაიწყებს მესამე ღონის შევსებას.

ცხრილი №1 II და III პერიოდის ელემენტთა ელექტრონული ფორმულები

ატომური ნომერი	სიმბოლო	ელექტრონული ფორმულა	ელექტრონულ-გრაფიკული ფორმულა
3	Li	$1s^2 2s^1$ ან $[He] 2s^1$	$[He] \uparrow$ -----
4	Be	$1s^2 2s^2$ ან $[He] 2s^2$	$[He] \uparrow \downarrow$ -----
5	B	$1s^2 2s^2 2p^1$ ან $[He] 2s^2 2p^1$	$[He] \uparrow \downarrow \uparrow$ -----
6	C	$1s^2 2s^2 2p^2$ ან $[He] 2s^2 2p^2$	$[He] \uparrow \downarrow \uparrow \uparrow$ -----
7	O	$1s^2 2s^2 2p^4$ ან $[He] 2s^2 2p^4$	$[He] \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow$ -----
8	Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ან $[Ar] 3s^2 3p^4$	$[Ar] \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \uparrow$ -----
10	Ar	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ან $[Ar] 3s^2 3p^6$	$[Ar] \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \uparrow$ -----
11	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ან $[Ne] 3s^1$	$[Ne] \uparrow$ -----
12	Mg	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ან $[Ne] 3s^2$	$[Ne] \uparrow \downarrow$ -----

VII დიდ პერიოდს იწყებს ელემენტი ფრანციუმი ($Z=87$) ($7s^1$) შემდეგი ელემენტი რადიუმი ($Z=88$) ასრულებს $7s$ ქვედონის შევსებას ($7s^2$) აქტინიუმი ($Z=89$) ერთი ელექტრონით ავსებს $6d$ ქვედონეს. თორიუმიდან ($Z=90$) ლორენსიუმის ($Z=103$) ჩათვლით ხდება $5f$ ქვედონის შევსება 14 ელექტრონით. კურჩატოვიუმიდან ($Z=104$) კოპერნიციუმის ($Z=112$) ჩათვლით ივსება $6p$ ქვედონე. IV–VII პერიოდის ელემენტებისათვის ელექტრონების განაწილების თანმიმდევრობა ასეთია:



s, p, d, f ელემენტები

ელექტრონებით ქვედონეების შევსების მიხედვით ელემენტებს ყოფენ **s, p, d** და **f** ელემენტებად.

s ელემენტებს მიეკუთვნება I^a და II^a ჯგუფის ელემენტები და VIII^a ჯგუფის პირველი ელემენტი He, რომლებიც ავსებს ბოლო ენერგეტიკული დონის **s** ქვედონეს.

p ელემენტებს მიეკუთვნება ელემენტები III^a -დან VIII^a ჯგუფის ჩათვლით (He-ის გამოკლებით). ისინი ავსებენ ბოლო ენერგეტიკული დონის **p** ქვედონეს.

d ელემენტებს მიეკუთვნება I^b - დან VIII^b ჯგუფის ჩათვლით ელემენტები, რომლებიც ავსებს (**n-1**) დონის **d** ორბიტალებს.

f ელემენტებს მიეკუთვნება ლანთანოიდები და აქტინოიდები, რომლებიც ავსებს (**n-2**) დონის **f**-ორბიტალებს.

ჯგუფების სახელწოდება პერიოდულ სისტემაში

I^a ანუ (1) ჯგუფის ელემენტები (Li-Fr) – ტუტე მეტალები;

II^a ანუ (2) ჯგუფის ელემენტები (Ca-Ra) – ტუტეშიწა მეტალები;

V^a ანუ (15) ჯგუფის ელემენტები (N-Bi) – პნიტოგენები;

VI^a ანუ (16) ჯგუფის ელემენტები (S-Te) – ქალოგენები;

VII^a ანუ (17) ჯგუფის ელემენტები (F-At) – ჰალოგენები;

VIII^a ანუ (18) ჯგუფის ელემენტები (He-Rn) – ინერტული ან კეთილშობილი აირები;

III^b ანუ (10,11,12) ჯგუფის ელემენტები (Fe,Co,Ni) – რკინის ოჯახი;

VIII^b ანუ (10,11,12) ჯგუფის ელემენტები (Ru,Rh,Pd,Os,Ir,Pt) – პლატინის ოჯახი;

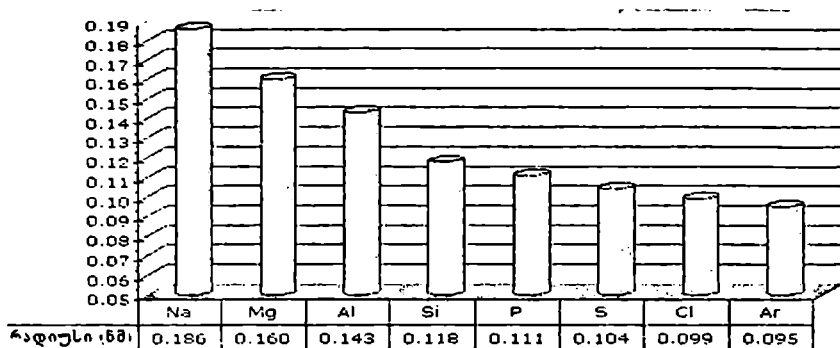
ბ ჯგუფის (3-დან 12-ის ჩათვლით) ელემენტები – გარდამავალი მეტალები;

ატომური რადიუსები

ატომური რადიუსი გულისხმობს მანძილს ატომბირთვიდან გარე შრის ბოლო ელექტრონამდე.

ჯგუფებში ენერგეტიკულ დონეთა რაოდენობა იზრდება; ბუნებრივია, ატომური რადიუსიც გაიზრდება.

პერიოდებში ატომების ენერგეტიკულ დონეთა რაოდენობა ერთნაირია, მაგრამ იზრდება პროტონების რიცხვი ატომბირთვში და ელექტრონების რიცხვი ელექტრონულ გარსში; ძლიერდება მათ შორის მიზიდულობა, რაც რადიუსის შემცირებას იწვევს.



ნახ.1. ელემენტთა ატომური რადიუსების ცვლილება პერიოდის მიხედვით

სამუშაოს მიმდინარეობა

გაეცანით კითხვებს და შეავსეთ პერიოდული სისტემის მაკეტი



- მხოლოდ მსუბუქი ელემენტი



- ბუნებრივი მდგომარეობა



- ტრანზიტი მდგომარეობა



- პ-ბლოკში მდებარე დიდი რადიუსის მქონე ელემენტი



- მსგავსი ელემენტი, რომელიც ავსებს d-ბლოკს 2 ელექტრონით



- ელემენტი [Ne] 3d⁵ 4s¹ ელემენტისგან უფრო უფრო



- მსგავსი დიდი ელექტროუარყოფითობის მქონე ელემენტი



- პ-ბლოკის ელემენტი



- მსგავსი მსუბუქი რადიუსის მქონე ელემენტი



- ინერტული ატომი



- ელემენტი [Kr] 5s² 5p⁴ ელექტრონული ფორმულით



- ელემენტი [Kr] 4d⁵ 5s² ელექტრონული ფორმულით



- მსგავსი ელემენტი, რომელიც ავსებს d-ბლოკს 3 ელექტრონით



- ელემენტი [Xe] 5d⁵ 6s² ელექტრონული ფორმულით



- ელემენტი [Xe] 5d¹⁰ 6s² ელექტრონული ფორმულით



- ელემენტი, რომელიც 4f-ბლოკს ავსებს 2 ელექტრონით



- ელემენტი, რომელიც 5f-ბლოკს ავსებს 10 ელექტრონით



- ელემენტი, რომელიც f-ბლოკს ავსებს 14 ელექტრონით



- მსგავსი ელემენტი, რომელიც ბოლო ღონის ატომურ ნომერს (n-1)d¹⁰ ns²



- მსგავსი ელემენტი, რომელიც ბოლო ღონის ატომურ ნომერს (n-1)d¹⁰ ns²

სამუშაო 3

ქიმიურ ნაერთთა კლასები

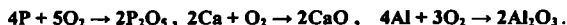
არჩევენ არაორგანულ ნაერთთა 4 ძირითად კლასს. ესენია ოქსიდები, პიდროქსიდები (მჟავები და ფუძეები) და მარილები.

მჟავა ეწოდება რთულ ნიუთიერებას, რომლის მოლეკულები შედგება მეტალის ატომებით ჩანაცვლების უნარის მქონე წყალბადის ატომებისა და მჟაური ნაშთისაგან. მჟაუების მიღების ერთ-ერთი ხერხია: შესაბამისი მჟავა ოქსიდის წყალში გახსნა.

ფუძე ეწოდება რთულ ნიუთიერებას, რომლის შედგენილობაში შედის მეტალის ატომი და პიდროქსილის (OH)¹ ერთი ან რამდენიმე ჯგუფი. წყალში ხსნად ფუძეებს ტუტეები ეწოდება. ესენია I და II^ა ჯგუფების პიდროქსიდები (Be და Mg-ის პიდროქსიდების გარდა) და ამონიუმის პიდროქსიდი - NH₄OH.

ტუტეები მიიღება წყალთან მეტალის ურთიერთქმედებით, ასევე შესაბამისი ოქსიდის წყალში გახსნით. წყალში უხსნადი ფუძეები მიიღება შესაბამის ხსნად მარილზე ტუტის მოქმედებით.

ოქსიდი ეწოდება ორი ელემენტისგან შედგენილ ნაერთს, რომელშიც ერთი ელემენტი ჟანგბადია, ჟანგვის რიცხვით (-2). ოქსიდების მიღების ერთ-ერთი ხერხია მარტივი ნიუთიერების უშუალო შეერთება ჟანგბადთან:



მარილწარმოქმნელი ოქსიდები იყოფა 3 ჯგუფად: მჟავა ოქსიდებად, ფუძე ოქსიდებად და ამფოტერულ ოქსიდებად.

მჟავა ოქსიდია ის ოქსიდი, რომელსაც შეესაბამება მჟავა.

მჟავა	მჟავა ოქსიდი
H ₂ SO ₄ - გოგირდმჟავა	SO ₃ - გოგირდი (VI) -ის ოქსიდი
HNO ₃ - აზოტმჟავა	N ₂ O ₅ - აზოტი (V) -ის ოქსიდი
H ₃ PO ₄ - ფოსფორმჟავა	P ₂ O ₅ - ფოსფორი (V) -ის ოქსიდი
H ₂ CO ₃ - ნახშირმჟავა	CO ₂ - ნახშირბადი (IV) -ის ოქსიდი

ფუძე ოქსიდია ის ოქსიდი, რომელსაც შეესაბამება ფუძე.

ფუძე	ფუძე ოქსიდი
NaOH - ნატრიუმი (I) -ის პიდროქსიდი	Na ₂ O - ნატრიუმი (I) -ის ოქსიდი
CuOH - სპილენძი (I) -ის პიდროქსიდი	Cu ₂ O - სპილენძი (I) -ის ოქსიდი
Cu(OH) ₂ - სპილენძი (II) -ის პიდროქსიდი	CuO - სპილენძი (II) -ის ოქსიდი
Pb(OH) ₂ - ტყვია (IV) -ის პიდროქსიდი	PbO ₂ - ტყვია (IV) -ის ოქსიდი

ამფოტერული ეწოდება ოქსიდს, რომელსაც შეესაბამება როგორც მჟავა, ისე ფუფე.

ოქსიდი	მჟავა	ფუფე
ZnO -თუთია (II) -ის ოქსიდი	H_2ZnO_2 -თუთიაჰეაჲა	$Zn(OH)_2$ -თუთია (II) -ის პიდროქსიდი
Al_2O_3 -ალუმინ (III) -ის ოქსიდი	H_3AlO_3 -ორთოალუმინჰეაჲა $HAIO_2$ -მეტაალუმინჰეაჲა	$Al(OH)_3$ -ალუმინ (III) -ის პიდროქსიდი

მარილები ეწოდება რთულ ნივთიერებებს, რომელთა მოლეკულები შედგება მეტალის ატომებისა და მჟავას ნაშთისაგან.

ელემენტთა ჟანგბადნაერთების განსაკუთრებულ ჯგუფს მიეკუთვნება მეტალთა პეროქსიდები- Na_2O_2 CaO_2 . მათ განიხილავენ როგორც წყალბადის პეროქსიდის- (H_2O_2) მარილებს. პეროქსიდები შეიცავს ე.წ. პეროქსიდულ ჯგუფს ($-O-O-$), სადაც ჟანგბადის ატომები ერთმანეთთან არის დაკავშირებული და ჟანგბადის ჟანგვის რიცხვი -1-ის ტოლია.

ინდიკატორი. მჟავებისა და ტუტეების ამოსაცნობად ინდიკატორებს (ლათ. მაჩვენებელი) იყენებენ. ინდიკატორი ნივთიერებაა, რომელიც მჟავას ან ტუტის. ხსნარში შეტანისას ფერს იცვლის. პრაქტიკაში იყენებენ ინდიკატორების ხსნარებს ან ქაღალდს, რომელიც გაქვნილია თხევადი ინდიკატორით. ძირითადად გამოიყენება ინდიკატორები: იისფერი ლაკმუსი, უფერო ფენოლფტალეინი და ნარინჯისფერი მეთილნარინჯი.

ინდიკატორი	შეფერილობა	შეფერილობა მჟავა არეში	შეფერილობა ტუტე არეში
იისფერი ლაკმუსი	იისფერი	წითელი	ლურჯი
ფენოლფტალეინი	უფერო	უფერო	ჟოლოსფერი
მეთილნარინჯი	ნარინჯისფერი	წითელი	ყვითელი

სამუშაოს მიზანი

სტუდენტმა უნდა შეძლოს:

ოქსიდების და მჟავების მიღება და შესაბამისი ქიმიური რეაქციის ტოლობების დაწერა;

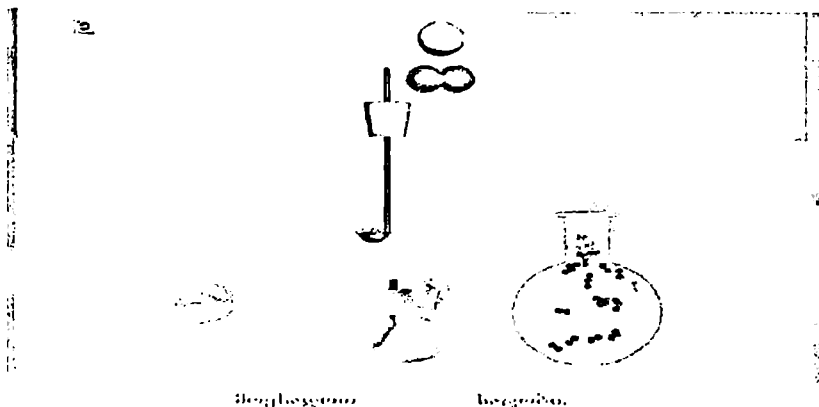
- ტუტეებისა და წყალში უხსნადი ფუძეების მიღება;
- ამფოტერული პიდროქსიდის მიღება და მისი ამფოტერობის დამტკიცება;
- მარილის მიღება;
- ინდიკატორების მიზნობრივი გამოყენება.

მასალა:

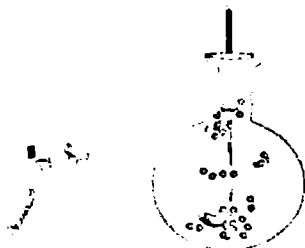
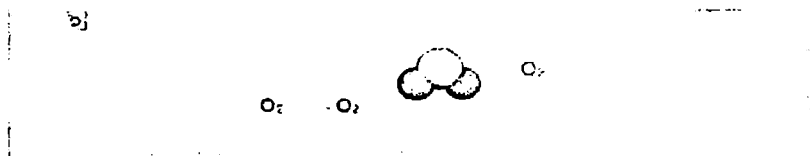
- კომპიუტერი ვირტუალური ლაბორატორიული სამუშაოს შემცველი დისკით;
- სამუშაო რვეული და კალამი.

ნაწილი 1. გოგირდოვანი ანჰიდრიდის (SO_2) და გოგირდოვანმჟავას (H_2SO_4) მიღება

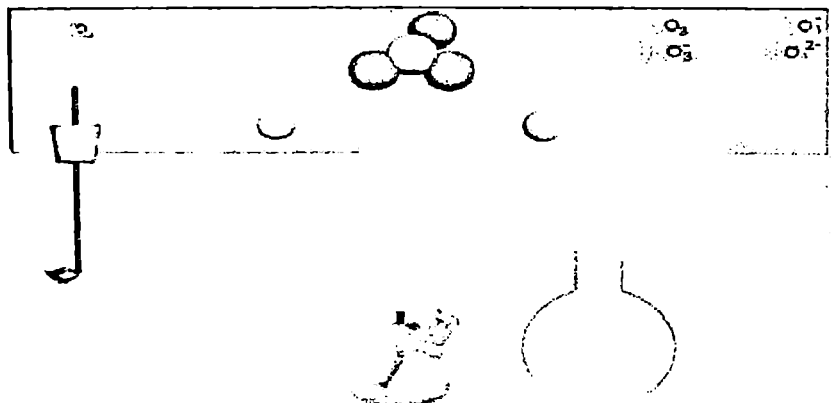
ჩართეთ ანიმაცია და ტექსტის მიხედვით ჩაატარეთ ექსპერიმენტი:



გოგირდის ყვითელი ფხენილი აიღეთ რკინის კოჭით და გაახურეთ სპირტქურის ალზე. ააღებული გოგირდი შეიტანეთ მინის კოლბაში. წარმოიქმნება გოგირდის (IV) ოქსიდი (SO_2). დაწერეთ გოგირდის წვის რეაქციის ტოლობა:



წვის დამთავრების შემდეგ კოლბაში ჩაასხით წყალი, დაახურეთ საცობი და შეანჯღრიეთ. წარმოიქმნება გოგირდოვანი მჟავა (H_2SO_3). დაწერეთ შესაბამისი რეაქციის ტოლობა:



მჟავას წარმოქმნა შეამოწმეთ ინდიკატორით. რა ფერს მიიღებს იისფერი ლაკმუსი?

შეასუხეთ კითხვებს და შეაფასეთ ცხრილი

განსაზღვრეთ გოგირდის ჟანგვის რიცხვი H_2SO_3 და SO_2 -ში. შეადგინეთ მათი გრაფიკული ფორმულები. გამოთვალეთ მოცემული ნაერთების ფარდობითი მოლეკულური მასა და გოგირდის მასური წილი.

ნივთიერება	გოგირდის ჟანგვის რიცხვი	M_r	$W(S)$	ბრაზიკული ფორმულა
H_2SO_3				
SO_2				

ნატრიუმის ტუტის მიღება

ანალოგიური თანმიმდევრობით მიიღეთ ნატრიუმის ტუტე.

ნატრიუმის წვით ჟანგბადში ჯერ მიიღება ნატრიუმის პეროქსიდი (Na_2O_2), შემდეგ კი ნატრიუმთან მისი შეერთებით წარმოიქმნება ნატრიუმის (I) ოქსიდი - Na_2O . დაწერეთ შესაბამისი ქიმიურ რეაქციათა ტოლობები.

Na_2O_2	
Na_2O	

უპასუხეთ კითხვებს და შეაყსეთ ცხრილი

ნივთიერება	ჟანგბადის ჟანგვის რიცხვი	M_r	$W(\text{O})$	ბრუნავალი ფორმულა
Na_2O_2				
Na_2O				

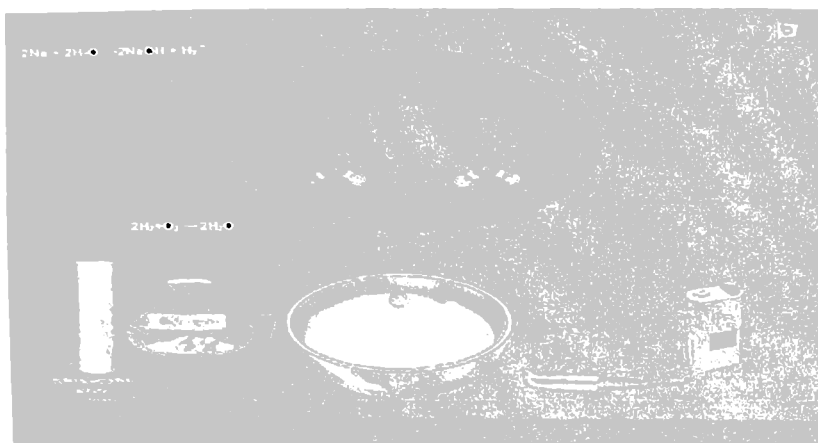
ძულა /5

ნაწილი 2. ნატრიუმის ტუტის (NaOH) მიღება

ჩართეთ ანიმაცია და ტექსტის მიხედვით ჩაატარეთ ექსპერიმენტი:

წყლიან კრისტალიზატორში ჩააგდეთ ნატრიუმის პატარა ნატერი. აღწერეთ ცდის ეფექტი

რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ნატრიუმის ტუტე (NaOH) და გამოიყოფა აირადი წყალბადი (H_2). გამოყოფილ წყალბადს ცეცხლი წაუკიდეთ. წყალბადი იწვის.



დაწერეთ შესაბამისი ქიმიურ რეაქციათა ტოლობები:

ტუტის წარმოქმნის შესამოწმებლად მიღებულ ხსნარში ჩააწვეთეთ ინდიკატორი. რა ფერს მიიღებს უფერო ფენოლფტალეინი?

--

შეასრუეთ კითხვებს და შეავსეთ ცხრილი

ნივთიერება	ჰანგაჰის ჰანგის რიცხვი	M_r	$W(O)$	ბრაზიკული ორმულა
NaOH				

შულა /10

ჯამური შულა /20

ფუძეთა შედარებითი სიძლიერე

ელექტროლიტი ეწოდება ნივთიერებას, რომლის წყალხსნარი ან ნაღვლობი დენს ატარებს. ელექტროლიტში დენის გადამტანია იონები. ელექტროლიტის იონებად დაშლას მის წყალხსნარში ან ნაღვლობში ელექტროლიტური დისოციაცია ეწოდება. დისოციაციის ხარისხი განისაზღვრება ხსნარში იონებად დაშლილი მოლეკულების შეფარდებით გახსნილი მოლეკულების საერთო რიცხვთან.

დისოციაციის მიხედვით ელექტროლიტები შეიძლება იყოს ძლიერი, საშუალო ან სუსტი. დისოციაციის ხარისხი დამოკიდებულია ელექტროლიტის კონცენტრაციაზე და ხსნარის განზავებით იცვლება, ამიტომ ის ელექტროლიტის იონებად დაშლის პროცესს ზუსტად ვერ ასახავს. ელექტროლიტის სიძლიერეს უფრო ზუსტად ასახავს დისოციაციის (იონიზაციის) მუდმივა (K_d), რომელიც არ არის დამოკიდებული ხსნარის კონცენტრაციაზე. ძლიერი მჟავებისათვის ის იცვლება 10^3 - 10^{10} -მდე, საშუალო სიძლიერის მჟავებისათვის 10^{-4} - 10^{-2} -მდე, ხოლო სუსტი მჟავებისათვის $= 10^{-7}$.

ელექტროლიტის სიძლიერის დასახასიათებლად უფრო მიზანშეწონილია დისოციაციის მუდმივას გამოყენება.

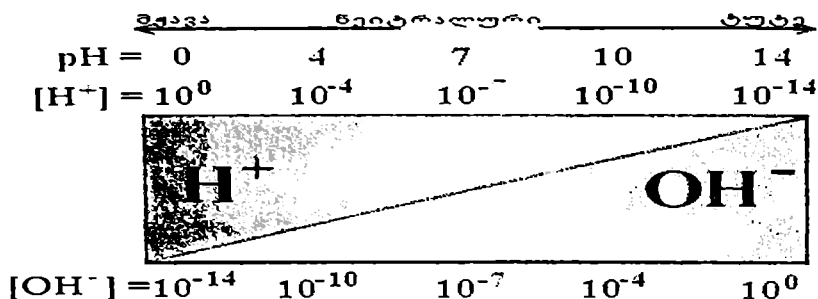
ზოგადად, ტუტის დისოციაცია გამოესახოთ სქემით: $\text{MeOH} \leftrightarrow \text{Me}^+ + \text{OH}^-$

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ელექტროლიტის სიძლიერეს ზუსტად განსაზღვრავს დისოციაციის მუდმივა, რადგან ის არ არის დამოკიდებული ელექტროლიტის კონცენტრაციაზე. გამოითვლება ფორმულით:

$$K_d = [\text{Me}^+] [\text{OH}^-] / [\text{MeOH}].$$

ხსნარის გარემოს გამოსახავენ წყალბადის მაჩვენებლის – pH-ის მეშვეობით, რომელიც წყალბადიონთა კონცენტრაციის უარყოფითი ათობითი ლოგარითმია $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$.

ნეიტრალური ხსნარისათვის $[\text{H}^+] = 10^{-7}$ მოლი/ლ, $\text{pH} = 7$; მჟავური ხსნარისათვის $[\text{H}^+] > 10^{-7}$ მოლი/ლ, $\text{pH} < 7$; ტუტე ხსნარისათვის $[\text{H}^+] < 10^{-7}$ მოლი/ლ, $\text{pH} > 7$.



pH-ის ზუსტი განსაზღვრა შესაძლებელია სპეციალური ხელსაწყოთი (pH-მეტრით), რომლის თავისუფალ ბოლოს ათავსებენ საკვლევ ხსნარში და ეკრანზე მოცემულ ციფრს ჩაინიშნავენ.

სამუშაოს მიზანი

სტუდენტმა უნდა შეძლოს:

ფუძეთა დისოციაციის სქემების შედგენა;
 ტუტის ხსნარის მუდმივი მოცულობის დროს ტუტის კონცენტრაციის ცვლილება დააკავშიროს pH-ის ცვლილებასთან;
 ტუტის მუდმივი კონცენტრაციის დროს ტუტის ხსნარის მოცულობის ცვლილება დააკავშიროს pH-ის ცვლილებასთან;
 გამოთვალოს დისოციაციის მუდმივა სხვადასხვა შემთხვევისათვის;
 მოცემული ფუძეები დააღაგოს სიძლიერის მიხედვით.

მასალა:

კომპიუტერი ვირტუალური ლაბორატორიული სამუშაოს შემცველი დისკით;
 სამუშაო რეჟული და კალამი.

ნაწილი I

1. განმარტეთ ფუძე დისოციაციის თვალსაზრისით

2. დაწერეთ მოცემული ტუტეებისთვის დისოციაციის სქემები

KOH ↔

NaOH ↔

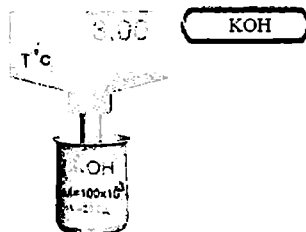
Ca (OH)₂ ↔

NH₄OH ↔

ნაწილი II pH-ის დამოკიდებულება ტუტის კონცენტრაციაზე სხნარის მუდმივი მოცულობის ($V=208\text{მლ}$) დროს.

1. KOH

ნართეთ ანიმაცია, შეაყესთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

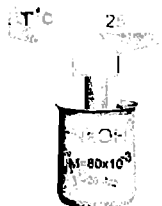


კონცენტრაცია $\times 10^3$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

2. NaOH

NaOH

ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



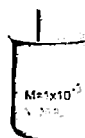
კონცენტრაცია $\times 10^3$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

3. Ca(OH)₂

Ca(OH)₂

ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

T °C



კონცენტრაცია $\times 10^3$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

4. NH_4OH

ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



კონცენტრაცია $\times 10^{-3}$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

მონაცემების მიხედვით შეადგინეთ კონცენტრაციისა და pH-ის
დამოკიდებულების გრაფიკები.

დასკ36ა

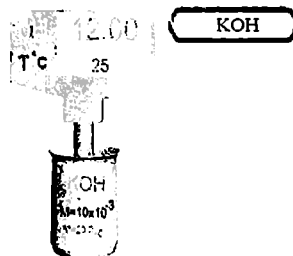
ქულა

/10

1. KOH

ჩართეთ ანიმაცია, შეაჩერეთ ცხრილი

და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

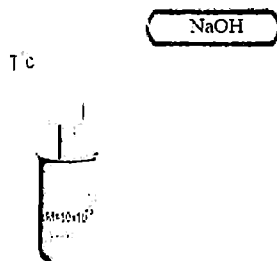


მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

2. NaOH

ჩართეთ ანიმაცია, შეაჩერეთ ცხრილი

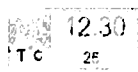
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

3. $\text{Ca}(\text{OH})_2$

ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



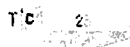
$\text{Ca}(\text{OH})_2$



მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

4. NH_4OH

ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



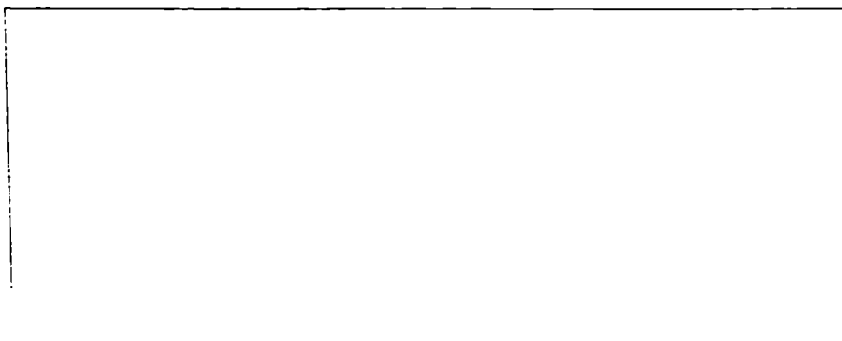
NH_4OH



მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

მონაცემების მიხედვით შეადგინეთ მოცულობისა და pH-ის დამოკიდებულების გრაფიკები:

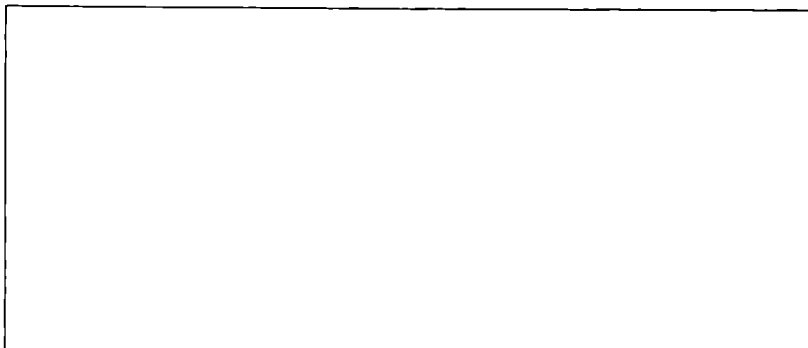
დასკვნა



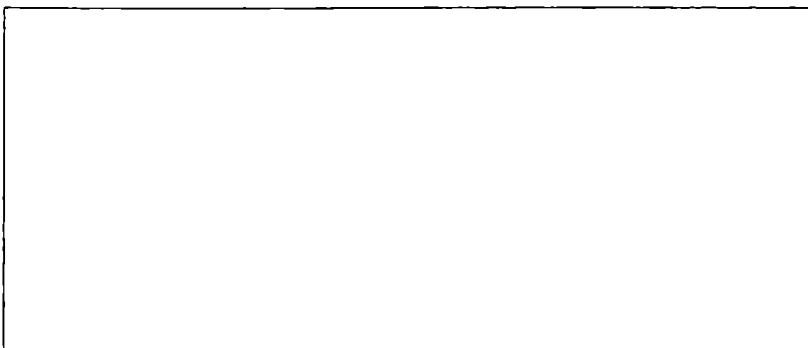
ქულა

/10

1. მიღებული შედეგების გამოყენებით გამოთვალეთ ფუძეთა დისოციაციის მუდმივა.



2. დისოციაციის მუდმივას მონაცემების გამოყენებით ტუტეები დააჯგუფეთ სიძლიერის მიხედვით.



ძულა /5

ჯამური ძულა /25

მჟავათა შედარებითი სიძლიერე

შესავალი

ელექტროლიტი ეწოდება ნივთიერებას, რომლის წყალხსნარი ან ნაღლობი დენს ატარებს. ელექტროლიტში დენის გადამტანი იონებია. ელექტროლიტის იონებად დაშლას მის წყალხსნარში ან ნაღლობში ელექტროლიტური დისოციაცია ეწოდება. დისოციაციის ხარისხი განისაზღვრება იონებად დაშლილი მოლეკულების შეფარდებით ხსნარში გახსნილი მოლეკულების საერთო რიცხვთან.

დისოციაციის მიხედვით ელექტროლიტები შეიძლება იყოს ძლიერი, საშუალო ან სუსტი. დისოციაციის ხარისხი დამოკიდებულია ელექტროლიტის კონცენტრაციაზე და ხსნარის განზავებით იცვლება, ამიტომ ის ელექტროლიტის იონებად დაშლის პროცესს ზუსტად ვერ ასახავს. ელექტროლიტის სიძლიერეს უფრო ზუსტად ასახავს დისოციაციის (იონიზაციის) მუდმივა (K_d), რომელიც არ არის დამოკიდებული ხსნარის კონცენტრაციაზე. ძლიერი მჟავებისათვის ის იცვლება 10^{-3} - 10^{-10} -მდე, საშუალო სიძლიერის მჟავებისათვის 10^{-4} - 10^{-2} -მდე, სუსტი მჟავებისათვის $=10^{-7}$, ხოლო

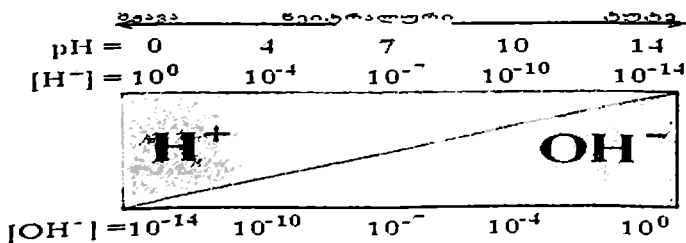
მჟავას სიძლიერის დასახასიათებლად უფრო მიზანშეწონილია დისოციაციის მუდმივას გამოყენება.

ზოგადად მჟავას დისოციაცია გამოვსახოთ სქემით: $HA \leftrightarrow H^+ + A^-$

ელექტროლიტის სიძლიერეს ზუსტად განსაზღვრავს დისოციაციის მუდმივა K_d . რადგან ის არ არის დამოკიდებული კონცენტრაციაზე, გამოითვლება ფორმულით: $K_d = [H^+][A^-]/[HA]$.

ხსნარის გარემოს გამოსახვენ წყალბადის მაჩვენებლის - pH-ის მეშვეობით, რომელიც არის წყალბადიონთა კონცენტრაციის უარყოფითი ათობითი ლოგარითმი $pH = -\lg [H^+]$.

ნეიტრალური ხსნარისათვის $[H^+] = 10^{-7}$ მოლი/ლ, $pH = 7$; მჟავური ხსნარისათვის $[H^+] > 10^{-7}$ მოლი/ლ, $pH < 7$; ტუტე ხსნარისათვის $[H^+] < 10^{-7}$ მოლი/ლ, $pH > 7$.



pH-ის ზუსტი განსაზღვრა შესაძლებელია სპეციალური ხელსაწყოთი (pH-მეტრით) , რომლის თავისუფალ ბოლოს ათავსებენ საკვლევე ხსნარში და ეკრანზე მოცემულ ციფრს წაინიშნავენ.

სამუშაოს მიზანი

სტუდენტმა უნდა შეძლოს

მჟავათა დისოციაციის სტეპების შედგენა;
მჟავას ხსნარის მუდმივი მოცულობის დროს კონცენტრაციის ცვლილება დააკავშიროს pH-ის ცვლილებასთან;
მჟავას მუდმივი კონცენტრაციის დროს ხსნარის მოცულობის ცვლილება დააკავშიროს pH-ის ცვლილებასთან;
გამოთვალოს დისოციაციის მუდმივა სხვადასხვა შემთხვევისათვის;
მოცემული მჟავეები დაალაგოს სიძლიერის მიხედვით.

მასალა:

კომპიუტერი ვირტუალური ლაბორატორიული სამუშაოს შემცველი დისკით;
სამუშაო რეეული და კალამი.

ნაწილი I

1. განმარტეთ შეება დისოციაციის თვალსაზრისით

2. დაწერეთ მოცემული შეაეებისათვის დისოციაციის სქემები



ნაწილი II: pH-ის დამოკიდებულება შეავას კონცენტრაციაზე ხსნარის მუდმივი მოცულობის ($V=20\text{მლ}$) ღროს.

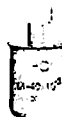
1. HCl

ჩართეთ ანიმაცია, შეაესეთ ცხრილი

და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

ჩე

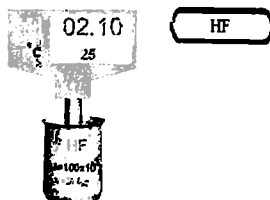
HCl



კონცენტრაცია $\times 10^{-3}$ მოლ/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

2. HF

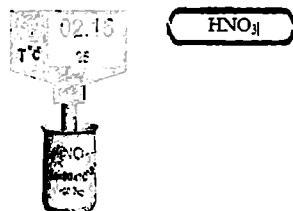
ჩართეთ ანიმაცია, შეაგსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



კონცენტრაცია $\times 10^{-3}$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

3. HNO₃

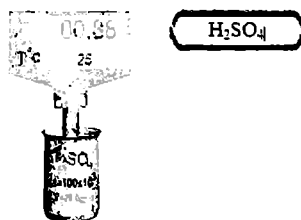
ჩართეთ ანიმაცია, შეაგსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



კონცენტრაცია $\times 10^{-3}$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

4. H₂SO₄

ჩართეთ ანიმაცია, შეაგსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



კონცენტრაცია $\times 10^{-3}$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

5. CH_3COOH

CH_3COOH

ჩართეთ ანიზაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



კონცენტრაცია $\times 10^{-3}$ მოლი/ლ	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
pH											

მონაცემების მიხედვით შეადგინეთ კონცენტრაციისა და pH-ის
დამოკიდებულების გრაფიკები

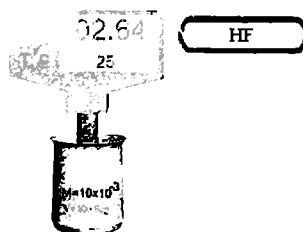
დასკვნა

ქულა /10

ნაწილი III pH-ის დამოკიდებულება ხსნარის მოცულობაზე მქმნის მუდმივი კონცენტრაციის (10×10^{-3}) ღრუს.

1. HF

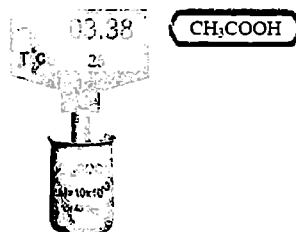
ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

2. CH_3COOH

ნართეთ ანიმაცია, შეავსეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.



მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

3. H_2SO_4

ჩართეთ ანიმაცია. შეაყვანეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

03

H_2SO_4

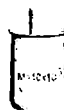


მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

4. HCl

ჩართეთ ანიმაცია, შეაყვანეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

HCl



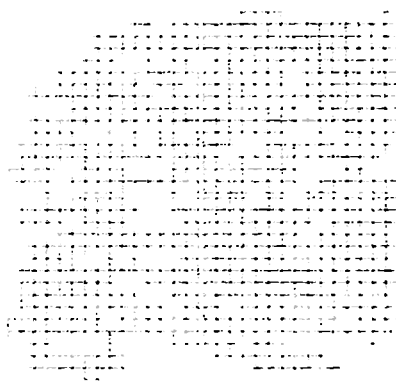
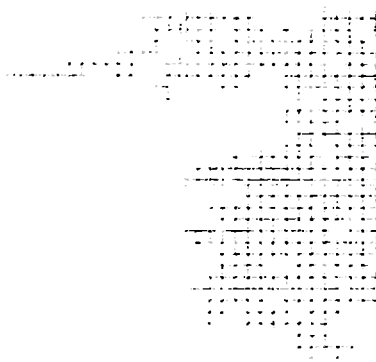
მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

5. HNO_3

ჩართეთ ანიმაცია, შეაყვანეთ ცხრილი
და შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი.

მოცულობა მლ	20	40	60	80	100	120
pH						

მონაცემების მიხედვით შეადგინეთ მოცულობისა და pH-ის დამოკიდებულების
გრაფიკები



დასკვნა

შულა /10

6. ჰიღებუღი ჴედებების ზამოყენებით ზამოთჟლეთ მჭაჟათა ღისოციაციის მუღმიჟა.

ღისოციაციის მუღმიჟას ზონაცემების ზამოყენებით მჭაჟები ღააჟგუჟეთ სიღლიურის მიხედღით

ჴულა /5

ჴამური ჴულა /25

ბუფერული ხსნარები

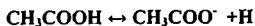
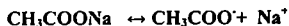
შესავალი

ბუფერული ეწოდება წყალხსნარს, რომელიც ინარჩუნებს pH -ის მუდმივ მნიშვნელობას მცირე რაოდენობით მჟავას, ტუტის ან წყლის დამატებისას.

მჟავა ბუფერი ($pH < 7$) ლაბორატორიაში შეიძლება დამზადდეს სუსტი მჟავას და ამ მჟავას მარილის შერევით (სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ მჟავა ბუფერი შეიძლება დამზადდეს სუსტი მჟავას შერევით მისი შეუღლებული ფუძის მარილთან, მაგალითად, მმარმჟავას (CH_3COOH) და ნატრიუმის აცეტატთან (CH_3COONa). პრაქტიკულად ასეთ ხსნარს ამზადებენ შემდეგნაირად: ნატრიუმის ტუტის ($NaOH$) ხსნარს სიჭარბით ამატებენ მმარმჟავას (CH_3COOH). ჭარბი მჟავა გაანეიტრალებს ტუტეს მარილის წარმოქმნით. მიღებული ხსნარი შეიცავს მარილს-ნატრიუმის აცეტატსა და ჭარბ მჟავას.



ბუფერული ხსნარის მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: სუსტი მჟავა (CH_3COOH) დისოცირება ნაწილობრივ, ხოლო ნატრიუმის აცეტატი (CH_3COONa) – სრულად. ამგვარად, ეთანოატ-იონების (CH_3COO^-) კონცენტრაცია ხსნარში მაღალია.

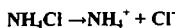


მჟავა ბუფერული ხსნარის მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს:

ა) როდესაც ბუფერულ ხსნარს ემატება მჟავა, დამატებული მჟავას წყალბადიონები (H^+) ეთანოატ-იონებთან (CH_3COO^-) წარმოქმნის მმარმჟავას, რის გამოც წყალბადიონთა კონცენტრაცია ხსნარში არ მოიმატებს. ხსნარის pH არ შეიცვლება.

ბ) როდესაც ბუფერულ ხსნარს ემატება ტუტე, დამატებული ტუტე მოქმედებს არადისოცირებულ მჟავასთან. წარმოიქმნება მარილი და წყალი. წყალბადიონთა კონცენტრაცია ხსნარში არ შეიცვლება. ასევე უცვლელი დარჩება ხსნარის pH.

ფუძე ბუფერები ($pH > 7$) შეიძლება დამზადდეს სუსტი ფუძის და ძლიერი მჟავს და ამ ფუძის შესაბამისი მარილის შერევით.



ტუტე ბუფერული ხსნარის მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს:

ა) როდესაც ხსნარს ემატება მჟავა, ე.ი. წყალბადიონები, წყალბადიონები ხსნარში არსებულ ჰიდროქსიდიონებთან წარმოქმნის წყალს, რის გამოც მეტი ამიაკი დისოცირდება ჰიდროქსიდიონების წარმოქმნით.

ბ) თუ ემატება ტუტე, ე.ი. ჰიდროქსიდიონები, დამატებული ჰიდროქსიდიონები ეერთდება ამონიუმის იონებს არადისოცირებული ამიაკის წარმოქმნით. ორივე შემთხვევაში წყალბადიონთა კონცენტრაცია უცვლელი იქნება.

სამუშაოს მიზანი: ბუფერული სისტემების შესწავლა

სტუდენტმა უნდა შეძლოს:

მეათე და ფუძეთა დისოციაციის სქემების შედგენა;

შეუღლებული მჟავებისა და ფუძეების გარჩევა;

გამოთვალის დისოციაციის მუდმივა მოცემული **pH**-ის

შემთხვევაში;

დააკვირდეს სხვადასხვა მოცულობის მჟავას ბუფერული ხსნარის

pH-ის ცვლილებას და გააკეთოს შესაბამისი დასკვნა;

დააკვირდეს ტუტის სხვადასხვა მოცულობის დამატებისას ტუტე

ბუფერული ხსნარის **pH**-ის ცვლილებას და გააკეთოს შესაბამისი

დასკვნა.

ნაწილი I

1. დაწერეთ **CH₃COOH**-ის დისოციაციის სქემა:

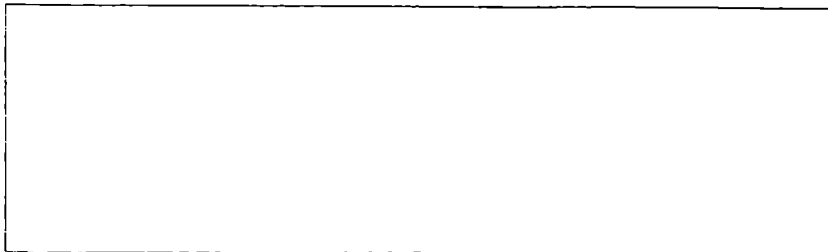


2. განსაზღვრეთ **CH₃COOH**-ის 10X10⁻²-ლ ხსნარის pH

3. დაწერეთ **CH₃COONa** -ის დისოციაციის სქემა:



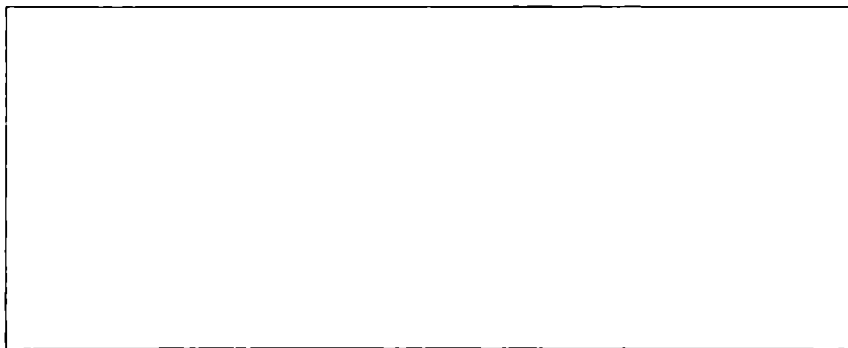
4. განსაზღვრეთ CH_3COONa -ის 10×10^{-2} ლ ხსნარის pH.



ქულა /5

ნაწილი II:

სისტემა, რომელიც შეიცავს გახსნილ ნახშირბადის დიოქსიდს (CO_2), ჰიდროკარბონატონს (HCO_3^-) და ნახშირმჟავას (H_2CO_3), მუშაობს, როგორც ბუფერი. დაწერეთ შესაბამისი სქემა და ახსენით მიზეზი. განსაზღვრეთ შეუღლებული მჟავა და ფუძე.



ქულა /5

ნაწილი III. pH-ის განსაზღვრა მჟავა ბუფერებში

განსაზღვრეთ ხსნარის pH ბუფერულ სისტემაში, რომელიც შეიცავს ძმარმჟავას (CH_3COOH) და ნატრიუმის აცეტატს (CH_3COONa).

ჩართეთ ანიმაცია. განსაზღვრეთ სისტემაში მჟავას კონცენტრაციის ცვლილებისას pH-ის მნიშვნელობები. მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში, შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი და გააკეთეთ დასკვნა.

CH_3COOH



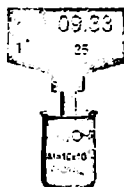
CH_3COOH -ის მოცულობა 10×10^{-2} ლ	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
ხსნარის pH																					

ნაწილი IV pH-ის განსაზღვრა ტუბი გუშეშში

განსაზღვრეთ ხსნარის pH ბუფერულ სისტემაში, რომელიც შეიცავს ამონიუმის ტუტესა (NH_4OH) და ამონიუმის ქლორიდს (NH_4Cl).

ჩართეთ ანიმაცია, განსაზღვრეთ სისტემაში ტუტის კონცენტრაციის ცვლილების დროს ხსნარის pH-ის მნიშვნელობები. მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში, შეადგინეთ სათანადო გრაფიკი, გააკეთეთ დასკვნა.

NH_4OH



NH_4OH -ის მოცულობა 10×10^{-3} ლ	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
ხსნარის pH																					

ძულა

/5

ჯამური ძულა

/20

მოლეკულის აღნაგობა და ელექტროგამტარობა

ელექტროგამტარობის მიხედვით ნივთიერებები იყოფა I და II რიგის გამტარებად. I რიგს მიეკუთვნება მეტალები, რომლებშიც დენის გადამტანი თავისუფლად მოძრავე ელექტრონებია. II რიგის გამტარები ელექტროლიტებია, სადაც დენის გადამტანებია დადებითად დამუხტული იონები (კატიონები) და უარყოფითად დამუხტული იონები (ანიონები).

ქიმიური ბმა ეწოდება ატომთა შორის ურთიერთკავშირს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება იონები მოლეკულები და სხვ. ქიმიური ბმის წარმოქმნას საფუძვლად უდევს ატომთა სწრაფვა კეთილშობილი აირების მსგავსი რვაელექტრონიანი მდგრადი შრის ($ns^2 np^6$) წარმოქმნისაკენ.

არჩევენ ქიმიური ბმის 3 ძირითად ტიპს: იონურს, კოვალენტურსა და მეტალურს. განიხილავენ აგრეთვე წყალბადურ ბმას, რომელიც შეიძლება არსებობდეს როგორც მოლეკულებს შორის, ასევე მოლეკულის შიგნითაც. წყალბადური ბმა კოვალენტური ბმის კერძო შემთხვევაა. წყალბადურ ბმასთან ერთად განიხილავენ მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედების სხვა სახეს, რასაც ვან-დერ-ვაალსურ ძალებს უწოდებენ.

იონური ეწოდება ბმას, რომელსაც განაპირობებს საწინააღმდეგოდ დამუხტული იონების ელექტროსტატიკური მიზიდვა. ბმა იონურია, თუ ელემენტთა ელექტროუარყოფითობებს შორის განსხვავება 1,7-ზე მეტია. ნაერთის იონური ბმით იონურ ნაერთებს უწოდებენ. იონურ ნაერთებს აქვს იონური მესერი, რომელთა კვანძებში იონებია მოთავსებული.

ორ ატომს შორის საზიარო ელექტრონული წყვილებით დამყარებულ ბმას კოვალენტური ბმა ეწოდება. არჩევენ პოლარულ და არაპოლარულ კოვალენტურ ბმებს. პოლარული ბმის შემთხვევაში ბმის წარმომქმნელი საზიარო ელექტრონული წყვილი გადახრილია უფრო ელექტროუარყოფითი ელემენტისაკენ. არაპოლარული ბმის შემთხვევაში ბმის წარმომქმნელი საზიარო ელექტრონული წყვილი თანაბრად ეკუთვნის ორივე ატომს. პოლარული ბმის დროს ელემენტების ელექტროუარყოფითობათა მნიშვნელობებს შორის განსხვავება 0,5-დან 1,7-ის, ხოლო არაპოლარული

ბმის დროს 0-0,5-ის ფარგლებშია.

პოლარული კოვალენტური ბმის მქონე მოლეკულა შესაძლებელია არ იყოს პოლარული, რაც დამოკიდებულია მოლეკულის სტრუქტურაზე. ნაერთებს პოლარული კოვალენტური ბმით, მოლეკულური ანუ კოვალენტური ნაერთები ეწოდება. მოლეკულურ ნაერთებში მოლეკულური კრისტალური მესრის კვანძებში მოლეკულებია მოთავსებული.

მეტალის დადებით იონებისა და დელოკალიზებულ (გაერთიანებულ) ელექტრონებით დამყარებულ ბმას მეტალური ბმა ეწოდება. მეტალებს აქვს მეტალური კრისტალური მესერი, რომლის კვანძებში მეტალთა ატომებია მოთავსებული.

ნივთიერებათა ელექტროგამტარობის ცოდნა შეიძლება გამოვიყენოთ ნივთიერებაში ქიმიური ბმის განსაზღვრისათვის მეტალები დენს ატარებს მყარ მდგომარეობაში ; იონური ნაერთები მყარ მდგომარეობაში დენს არ ატარებს. წყალში გახსნისას ასეთი ნაერთები დენის გამტარი ხდება; მოლეკულური ნაერთები დენის გამტარი არ არის არც მყარ მდგომარეობაში და არც წყალხსნარებში.

სამუშაოს მიზანი

სტუდენტმა უნდა შეძლოს:

- I და II რიგის გამტარების გარჩევა;
ელექტროლიტებისა და არაელექტროლიტების გარჩევა;
სუფთა ნივთიერებისა და ნარევის გასხვავება;
- ბმის ტიპის განსაზღვრა მოცემულ ნაერთში;
ნაერთის ტიპის დადგენა.

მასალა

კომპიუტერი ვირტუალური ლაბორატორიული სამუშაოს შემცველი დისკით;
სამუშაო რეგული და კალამი.

ნაწილი 1 ელექტროგამტარობის განსაზღვრა სხვადასხვა ნიმუშში

მოცემულია 5 ჭიქა. №1-ში მოთავსებულია მეტალის ფირფიტა, №2-ში დისტილირებული (გამოხდილი) წყალი, №3-ში ონკანის წყალი, №4-ში მარილის ფხენილი და №5-ში შაქრის ფხენილი.

მოცემულია დენის წყარო ელექტროდებითა და ნათურით.

ექსპერიმენტის ჩატარებამდე გამოთქვით ვარაუდი, მოცემული ნიმუშებიდან რომელი გაატარებს ელექტრულ დენს ?

ნიმუშის №	გაატარებს დენს	არ გაატარებს დენს

ჩართეთ სიმულაცია და დააკვირდით, აინთება თუ არა ნათურა მეტალის ფირფიტასთან ელექტროდების შეხებისას, დისტილირებულ წყალში, ონკანის წყალში, სუფრის მარილის-ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl) ფხენილსა და შაქრის ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) ფხენილში.



განსაზღვრეთ, რომელი ნიშნები ნარევი და რომელი სუფთა ნივთიერება.

ცხრილი №1

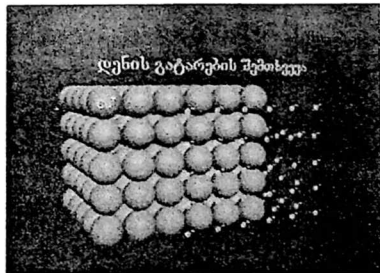
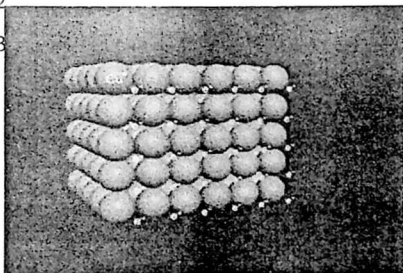
N	ნიშნები	სუფთა ნივთიერება, თუ ნარევი	აინთო თუ არა ნათურა?
1	სპილენძის ფირფიტა		
2	გამოსდილი წყალი		
3	ონკანის წყალი		
4	მარილის ფხენილი		
5	შაქრის ფხენილი		

რას ფიქრობთ, რა არის თითოეულ შემთხვევაში ღენის გატარების ან არ გატარების მიზეზი ?

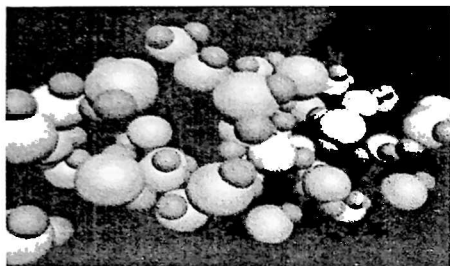
- საწყის მდგომარეობაში და ღენის გატარების დროს მეტალის სტრუქტურების სანახავედ ჩართეთ ანიმაცია.

2

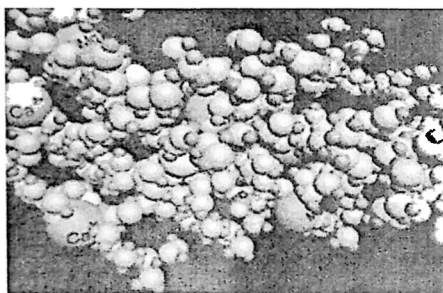
3



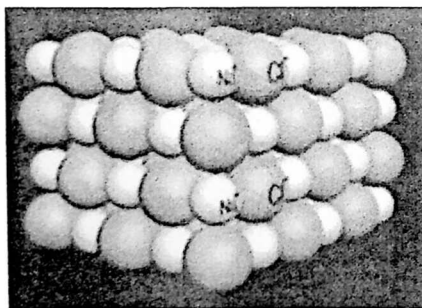
წყლის მოლეკულების მოძრაობის სანახავედ ჩართეთ ანიმაცია.



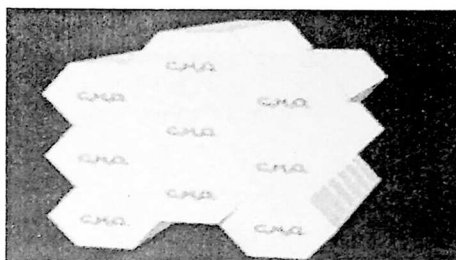
3. ჩართეთ ანიმაცია, რომელშიც ნაჩვენებია ორგანის წყლის სტრუქტურა. ის შეიცავს Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- და სხვა გახსნილ იონებს.



4. ჩართეთ ანიმაცია, რომელშიც ასახულია ნატრიუმის ქლორიდის (NaCl) სტრუქტურა, სადაც Na^+ და Cl^- იონები მჭიდროდ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული.



5. ნართეთ ანიმაცია, რომელშიც ასახულია ერთმანეთთან დაკავშირებული შაქრის ($C_{12}H_{22}O_{11}$) მოლეკულები.



გააკეთეთ დასკვნა, თითოეული ნიმუშის შემთხვევაში რა არის დენის გატარების ან არგატარების მიზეზი. განსაზღვრეთ ქიმიური ბმის ტიპი მოცემულ ნაერთებში. შედეგები შეიტანეთ №2 ცხრილში.

ცხრილი №2

№	ნივთიერება ან ნარევი	ელექტროგამტარობის მიზეზი	ქიმიური ბმის ტიპი მოცემულ ნაერთებში
1	სპილენძის ფირფიტა		
2	გამოხდილი წყალი		
3	ონკანის წყალი		
4	მარილის ფხენილი		
5	შაქრის ფხენილი		

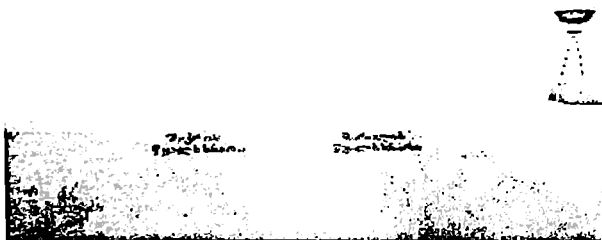
ძულა

17

ნაწილი 2. ელექტროგამტარობის განსაზღვრა წყალხსნარებში

მოცემულია 2 ჭიქა, რომლებშიც შესაბამისად მოთავსებულია მარილისა და შაქრის წყალხსნარები.

ექსპერიმენტის ჩატარებამდე გამოთქვით ვარაუდი, რომელი ხსნარი გაატარებს ელექტრულ დენს?



დააკვირდით ექსპერიმენტის მიმდინარეობას. ატარებს თუ არა მოცემული ხსნარები დენს? შედეგები შეიტანეთ №3 ცხრილში.

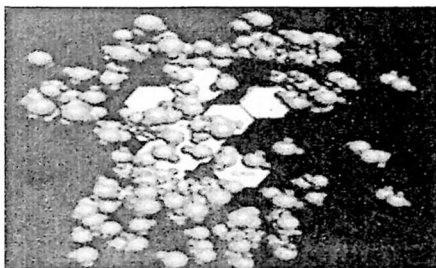
ცხრილი №3

N	ნიმუში	აინთო თუ არა ნათურა	ელექტროლიტია თუ არაელექტროლიტი წყალში გახსნილი ნივთიერებები
1	მარილის წყალხსნარი		
2	შაქრის წყალხსნარი		

1. ჩართეთ ანიმაცია და ახსენით ნატრიუმის ქლორიდის წყალხსნარში დენის გატარების მიზეზი. შედეგები შეიტანეთ №4 ცხრილში.



2. ჩართეთ ანიმაცია და ახსენით, რატომ არ ატარებს შაქრის წყალხსნარი დენს?



გააკეთეთ ანალიზი და განსაზღვრეთ ნაერთის ტიპი (იონური, მოლეკულური) თითოეულ შემთხვევაში. შედეგები შეიტანეთ №4 ცხრილში.

(ცხრილი №4

№	წყალში გახსნილი ნივთიერება	ელექტროგამტარობის მიზეზი	ნაერთის ტიპი
1	სუფრის მარილი		
2	შაქარი		

ძულა

17

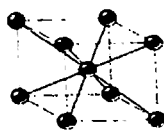
ნაწილი III

თვითშემოწმების ტესტი

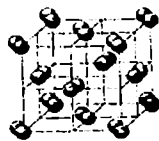
სურათზე მოცემულია იოდის (I_2), ნატრიუმისა (Na) და ნატრიუმის იოდიდის (NaI) სტრუქტურები:



A



B



C

ა) განსაზღვრეთ, რომელი სტრუქტურა რომელ ნივთიერებას შეესაბამება.

--

ბ) რა ტიპის ბმა გვხვდება თითოეულ მათგანში? როგორია მოლეკულის ტიპი?

გ) ნატრიუმის იოდიდი დენს ატარებს მხოლოდ გამლღვალ მდგომარეობაში, ხოლო ნატრიუმი დენს ატარებს როგორც გამლღვალ, ისე მყარ მდგომარეობაში. ახსენით ამ მოვლენის მიზეზი.

--

ქულა /6

ჯამური ქულა /20

კოორდინაციული ნაერთები

თეორიული ნაწილი

კოორდინაციული (კომპლექსური) ნაერთები ისეთი ნაერთებია, რომელთა მოლეკულები შეიცავს თუნდაც ერთ დონორულ-აქცეპტორული შეკავშირების მქონე ბმას.

კოორდინაციულ ნაერთებში ცენტრალურ ადგილზე დგას კომპლექსწარმოქმნელი ელემენტი, რომელიც ძირითადად მეტალია.

კომპლექსწარმოქმნელის ირგვლივ განლაგებულ კოორდინირებულ ანიონებს ან ნეიტრალურ მოლეკულებს ლიგანდები ეწოდება.

კომპლექსწარმოქმნელ მეტალთან, ანუ ცენტრალურ ატომთან უშუალოდ დაკავშირებული ატომების ან მოლეკულების მიერ კომპლექსწარმოქმნელ მეტალთან წარმოქმნილ ქიმიურ ბმათა საერთო რაოდენობას, კომპლექსწარმოქმნელის კოორდინაციული რიცხვი ეწოდება.

კომპლექსწარმოქმნელი ელემენტი და ლიგანდები ერთად წარმოქმნიან შიგა საკოორდინაციო სფეროს (იწერება კვადრატულ ფრჩხილებში).

იონები, რომლებიც არ შედის შიგა საკოორდინაციო სფეროში, წარმოქმნის გარე საკოორდინაციო სფეროს (იწერება კვადრატული ფრჩხილის გარეთ).

მაგალითად, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+} \text{Cl}_2$, სადაც

Co კომპლექსწარმოქმნელია,

NH_3 და H_2O – ლიგანდები,

Cl^- გარე საკოორდინაციო სფეროშია,

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ – კომპლექსური იონის შიგა საკოორდინაციო სფეროა.

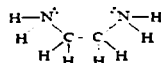
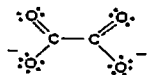
• ლიგანდთა კლასიფიკაცია ხდება ცენტრალურ მეტალსა და ლიგანდებს შორის დამყარებულ ქიმიურ ბმათა რიცხვის მიხედვით (დენტატობა).

მაგალითად, ამიაკი (NH_3) – მონოდენტატური ლიგანდია.



ეთილენდიამინი

NH_2 $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$



ოქსალატონი (C_2H_4)²⁻

ბიდენტატური ლიგანდებია;

არჩევენ კატიონურ, ანიონურ და ნეიტრალურ კომპლექსებს.

• კატიონურია კომპლექსი, რომლის შიგა საკოორდინაციო სფერო დადებითად არის დამუხტული, გარე საკოორდინაციო სფეროში კი მოთავსებულია უარყოფითი იონები. ასეთ კომპლექსებში კომპლექსწარმოქმნელთან დაკავშირებულია

ნეიტრალური მოლეკულები ან ნეიტრალური მოლეკულები და უარყოფითი იონები ერთად.

კატიონური კომპლექსების დასახელებისას ჯერ სახელდება კატიონი (ფრჩხილებში მიუთითებენ მეტალის ჟანგვის რიცხვს). შემდეგ ლიგანდი, ბოლოს კი გარე საკოორდინაციო სფეროს უარყოფითი იონი. ლიგანდებს რაოდენობის მიხედვით ემატება წინართი „დი“, „ტრი“, „ტეტრა“ და ა.შ. მაგალითად, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}SO_4^{2-}$ - სპილენძი (II)-ის ტეტრაამინსულფატი, $[Al(H_2O)_6]^{3+}Cl_3$ - ალუმინი (III)-ის ჰექსააკვალორიდი.

შერეულ ლიგანდებიან კატიონურ კომპლექსებში კატიონის შემდეგ ასახელებენ ჯერ ანიონურ. შემდეგ კი ნეიტრალურ ლიგანდებს, ბოლოს კი გარე საკოორდინაციო სფეროს ანიონს. მაგალითად, $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}Cl_2$ -კობალტ (III)-ის ქლოროპენტამინ ქლორიდი. $[Co(NH_3)_4Cl_2]^{2+}Cl^-$ კობალტ (III)-ის დიქლოროტეტრაამინქლორიდი.

- ანიონურია კომპლექსი, რომლის შიგა საკოორდინაციო სფერო უარყოფითი ან დადებითი, ასეთი კომპლექსების შიგა საკოორდინაციო სფეროში კომპლექსწარმოქმნელ მეტალთან კოორდინირებულია ან უარყოფითი იონები ან უარყოფითი და ნეიტრალური ლიგანდები ერთად, ხოლო გარე სფეროში მეტალის კატიონი გვხვდება.

ანიონური კომპლექსების სახელწოდება გარე საკოორდინაციო სფეროში მყოფი კატიონით იწყება, შემდეგ ასახელებენ ლიგანდს. ბოლოს კი კომპლექსწარმოქმნელ მეტალს ჟანგვის რიცხვის მითითებით. მაგალითად, $K_3[Fe(CN)_6]$ - კალიუმის ჰექსაციანოფერატი (III). შერეულლიგანდიან ანიონურ კომპლექსებშიც ჯერ ასახელებენ გარე საკოორდინაციო სფეროში მყოფ მეტალს, შემდეგ შიგა სფეროს უარყოფითად დადებით ლიგანდებს „ო“ დაბოლოებით (ქლორო, ბრომო, ნიტრო) , შემდეგ ნეიტრალურ მოლეკულებს, ბოლოს კი კომპლექსწარმოქმნელ მეტალს ჟანგვის რიცხვის მითითებით. მაგალითად, $K_2[Co(NH_3)_2(NO_2)_4]$ - კალიუმის ტეტრანიტროდიამინკობალტი (III).

- ნეიტრალურია კომპლექსები, რომელშიც კომპლექსწარმოქმნელის ირგვლივ კოორდინირებულია როგორც უარყოფითი ასევე ნეიტრალური ლიგანდები; ამასთან უარყოფითი ლიგანდების მუხტი ანეიტრალებს კომპლექსწარმოქმნელის დადებით მუხტს. ასეთი კომპლექსები არ შეიცავს შიგა და გარე საკოორდინაციო სფეროს. ნეიტრალურ კომპლექსებს ასახელებენ შემდეგნაირად: ჯერ დაასახელებენ ანიონებს, შემდეგ ნეიტრალურ ლიგანდს (რაოდენობის მითითებით), ბოლოს კომპლექსწარმოქმნელ კატიონს ჟანგვის რიცხვის მითითებით. მაგალითად, $[PtCl_2(NH_3)_2]$ - დიქლორდიამინპლატინა (II), $[Co(NO_3)_2(NH_3)_3]$ - ტრინიტროტრიამინკობალტი (III).

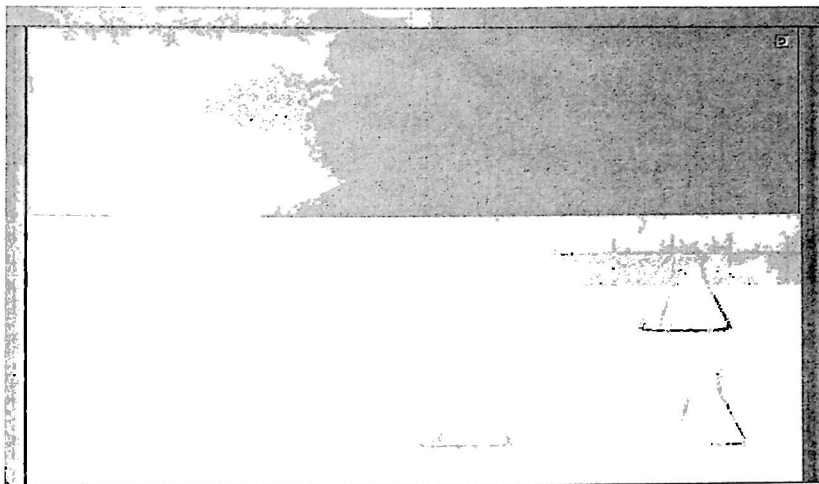
სტუდენტმა უნდა შეძლოს:

1. კომპლექსნაერთის ტიპის დადგენა;
2. კომპლექსნაერთის სახელწოდების შედგენა;
3. ლიგანდის დენტატობის განსაზღვრა;
4. კომპლექსწარმოქმნელის დადგენა;
5. კომპლექსნაერთის შიგა და გარე საკოორდინაციო სფეროს განსაზღვრა;
6. საკოორდინაციო რიცხვის განსაზღვრა;
7. მოლეკულის სტრუქტურის დადგენა.

მჰსპერიმენტის მიმდინარეობა

Cu-ის კოორდინაციული ნაერთების მიღება სხვადასხვა ლიგანდებთან

I ეტაპი

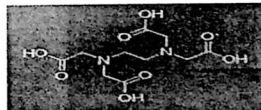


მოცემულია 6 ბრტყელძირა კოლბა. ჩაასხით მათში შემდეგი ხსნარები: 1. ამიაკის წყალხსნარი (NH_4OH),

2. ეთილენდიამინის (en) უფერო ხსნარი – $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{NH}_2\text{CH}_2$



3. ეთილენდიამინ ტეტრაეთანმჟავას (EDTA) უფერო ხსნარი

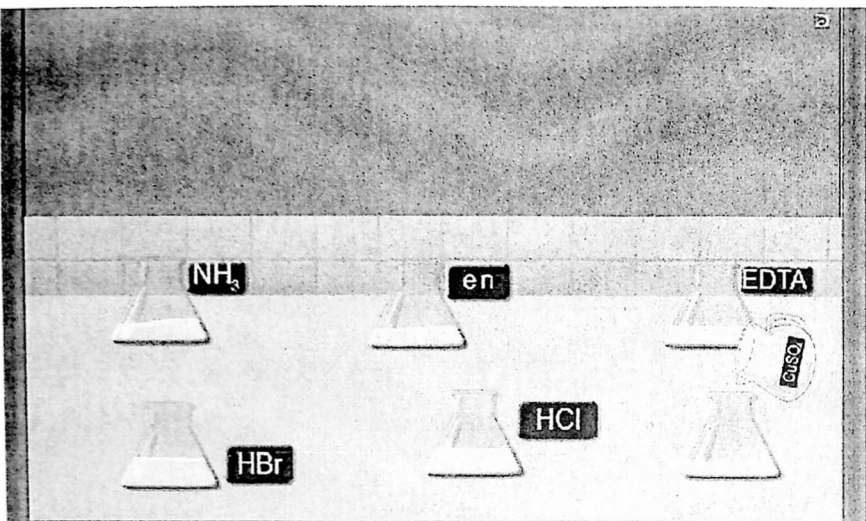


$(\text{CH}_2\text{COOH})_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$,

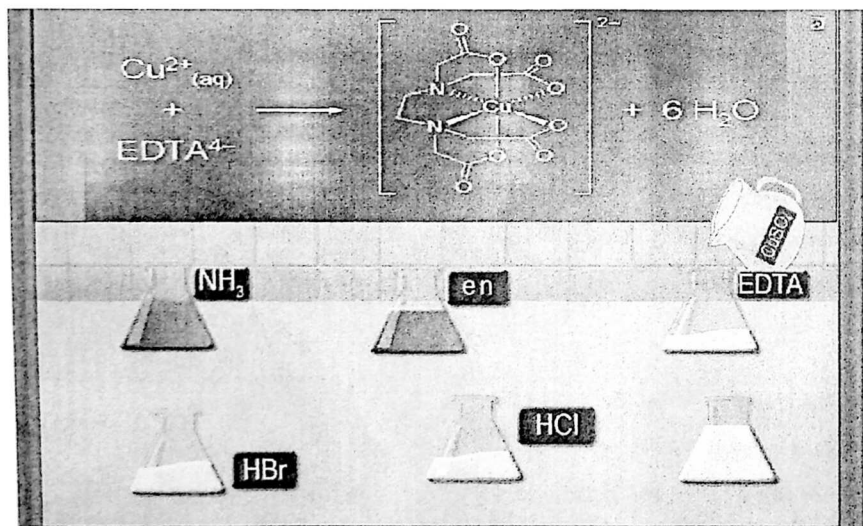
4. მარილმჟავა (HCl),

5. ბრომწყალბადმჟავა (HBr),

6. სპილენძის სულფატის ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ცისფერი ხსნარი.

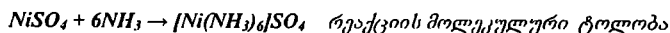


II ეტაპი თითოეულ კოლბაში დაამატეთ სპილენძის სულფატის (CuSO_4) ცისფერი ხსნარი; მეექვსე კოლბა, რომელშიც სპილენძის სულფატის (CuSO_4) ცისფერი ხსნარია, დატოვეთ შესადარებლად.

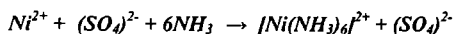


III ეტაპი აღწერეთ ცდის ეფექტი და დაწერეთ ცდის შესაბამისი ქიმიური რეაქციების სრული და შემოკლებული იონური ტოლობები.

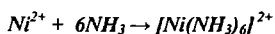
მაგალითად, ნიკელის სულფატის ($NiSO_4$) ხსნარს თუ დავამატებთ ამიაკის წყალხსნარს (NH_4OH) წარმოიქმნება ამიაკური კომპლექსი.



შევადგინოთ ამ რეაქციის სრული და შემოკლებული იონური ტოლობა:



სრული იონური ტოლობა



შემოკლებული იონური ტოლობა

ცდა 1.

ცდის ეფექტი	
მოლეკულური ტოლობა	
სრული იონური ტოლობა	
შემოკლებული იონური ტოლობა	

ცდა 2.

ცდის ეფექტი	
მოლეკულური ტოლობა	
სრული იონური ტოლობა	
შემოკლებული იონური ტოლობა	

ცდა 3.

ცდის ეფექტი	
მოლეკულური ტოლობა	
სრული იონური ტოლობა	
შემოკლებული იონური ტოლობა	

ცდა 4.

ცდის ეფექტი	
მოლეკულური ტოლობა	
სრული იონური ტოლობა	
შემოკლებული იონური ტოლობა	

ცდა 5.

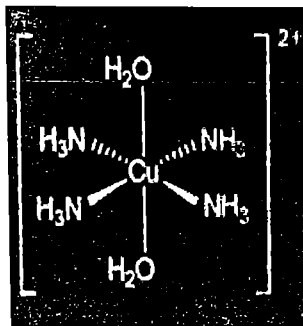
ცდის ეფექტი	
მოლეკულური ტოლობა	
სრული იონური ტოლობა	
შემოკლებული იონური ტოლობა	

დავალება

დანომრილ კომპლექსურ ნაერთებს მიუწერეთ შესაბამისი ზოგნულები.

ჩართეთ ანიმაციები, დააკვირდით მიღებული კომპლექსური ნაერთების სტრუქტურას და შეაფასეთ მოცემული ცხრილები.

კომპლექსური ნაერთი №1 _____

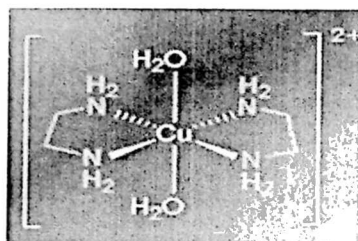
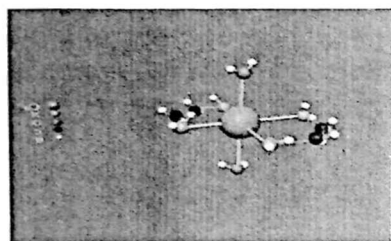


ცხრილი №1

მეტალის იონი	ლიგანდი	ლიგანდის დენტატობა	საკოორდინაციო რიცხვი	ნაერთის სტრუქტურა	ერი

ძულა

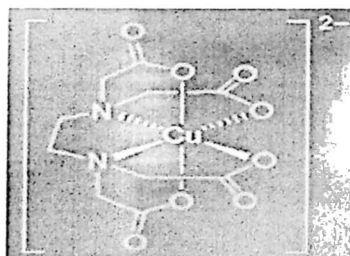
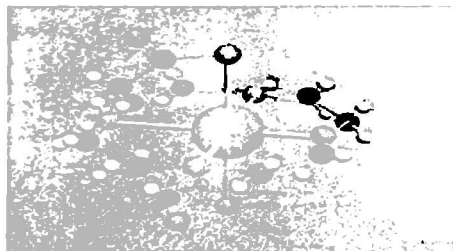
/4



ცხრილი 2

მეტალის იონი	ლიგანდი	ლიგანდის დენტატობა	საკოორდინაციო რიცხვი	ნაერთის სტრუქტურა	ერი

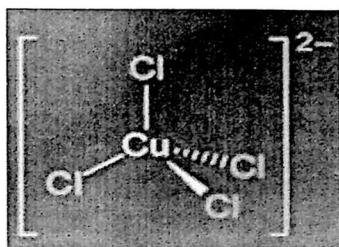
შულა /4



ცხრილი 3

მეტალის იონი	ლიგანდი	ლიგანდის დენტატობა	საკოორდინაციო რიცხვი	ნაერთის სტრუქტურა	ერი

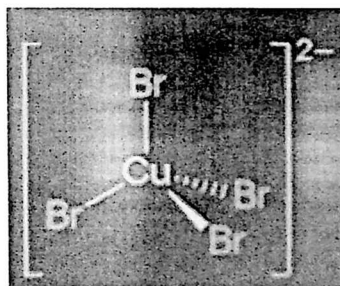
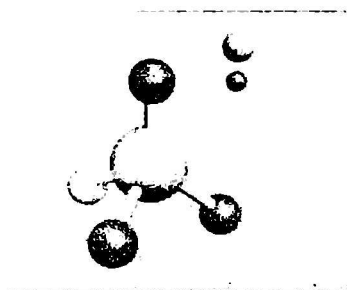
შულა /4



ცხრილი №4

მეტალის იონი	ლიგანდი	ლიგანდის დენტატობა	საკოორდინაციო რიცხვი	სტრუქტურა	ერი

ძულა /4



ცხრილი №6

მეტალის იონი	ლიგანდი	ლიგანდის დენტატობა	საკოორდინაციო რიცხვი	სტრუქტურა	ერი

ძულა /4

ჯამური ძულა / 20

გამოყენებული ლიტერატურა:

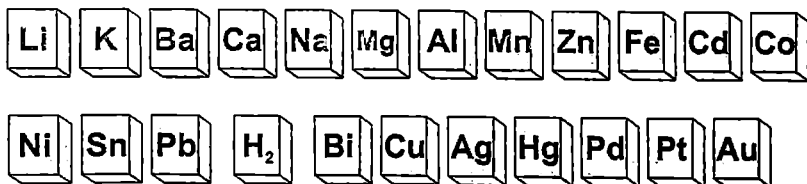
1. გ.კოკინაშვილი. გ.ცინცაძე, თ.ცეცხლაძე „ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კურსი“. I ნაწილი, თბილისი, განათლება, 1988
2. თ. წიგწივაძე ზოგადი ქიმია„განათლება“. თბილისი., 1992.
3. ც. მახათაძე. გ. ცინცაძე, ა. მამულაშვილი კოორდინაციული ქიმიის საფუძვლები. სტუ, თბილისი., 2000.
4. თ. წიგწივაძე ზოგადი.არაორგანული და კოორდინაციული ქიმია. გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი., 2013.
5. Geoffrey Neuss Chemistry (IB study guides). Oxford University press, 2007.
7. <http://mastsavlebeli.ge/uploads/qimia/Chem%20Experiment.pdf>
8. <http://www.Chemguide.co.uk/inorganic/complexions/stabconst.html>
9. <http://www.Chemguide.co.uk/inorganic/transition/copper.html>
10. Jim Clark. Eay. Oliver. Longmans Chemistry for CSEC ActiveTeach.2 nd addition „Pearson Education“. 2008
11. Brain F. Woogfield Matthew C. Asplund Steven Haderlie. Virtual ChemLab, General Chemistry laboratories, V 4.5. Pearsom education, 2013
12. Jim Clark, Complex metal ions-stabilty constants. 2003 and last modified January 2015

მარილების, მჟავების და ფუფების ხსნადობა წყალში

იონები	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺
OH ⁻		ხს	ხს	ხს	—	ხს	მხ	უ	უ	უ	—	უ	უ	უ	უ
NO ₃ ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს
Cl ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	ხს	ხს	ხს
S ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	—	—	—	უ	უ	უ	უ	უ	უ	—
SO ₃ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	მხ	მხ	მხ	მხ	—		უ	მხ	—	—
SO ₄ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	მხ	უ	მხ	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	ხს	ხს	ხს
CO ₃ ²⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	—	—	უ	უ	—	—
SiO ₃ ²⁻	უ	—	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	—	—	უ	უ	—	—
PO ₄ ³⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ	უ
CH ₃ COO ⁻	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს	ხს

პირობითი აღნიშვნები: ხს - ხსნადი (10გ-ზე მეტი 1000გ წყალში), მხ - მცირედ ხსნადი (0,01გ-დან 10 გ-მდე 1000გ წყალში),
 უ - უხსნადი (0,01გ-ზე ნაკლები 1000გ წყალში), — - იმდენა წყლით ან არ არსებობს

ელემენტარული კაპვის მცარიე



ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის მოკლე და გრძელი ფორმები

1 H	პერიოდული სისტემის პერიოდული სისტემა																18 Ar 4.003	82 Pb 207.2
2 Li 6.941	3 Be 9.012																	
3 Na 22.99	4 Mg 24.31																	
4 K 39.098	5 Ca 40.078	20 Zr 91.224	21 Nb 92.906	22 Mo 95.94	23 Tc 98.906	24 Ru 101.07	25 Rh 102.905	26 Pd 106.42	27 Ag 107.868	28 Cd 112.411	29 In 114.818	30 Sn 118.710	31 Sb 121.757	32 Te 127.6	33 I 126.905	34 Xe 131.29		
5 Rb 85.468	6 Sr 87.62	36 Kr 83.8	37 Br 79.904	38 Kr 83.8	39 Br 79.904	40 Kr 83.8	41 Br 79.904	42 Kr 83.8	43 Br 79.904	44 Kr 83.8	45 Br 79.904	46 Kr 83.8	47 Br 79.904	48 Kr 83.8	49 Br 79.904	50 Kr 83.8		
6 Cs 132.905	7 Ba 137.327	54 Xe 131.29	55 Cs 132.905	56 Ba 137.327	57 La 138.905	58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm 144.912	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.259		
7 Fr 223.019	8 Ra 226.025	86 Rn 222.017	87 Fr 223.019	88 Ra 226.025	89 Ac 227.033	90 Th 232.037	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np 237.048	94 Pu 244.064	95 Am 243.061	96 Cm 247.070	97 Bk 247.070	98 Cf 251.08	99 Es 252.083	100 Fm 257.10	101 Md 258.10	102 No 259.10

IA																	VIIA
II																	He
Li	Be																
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

ლანთანოიდები
58-71

აქტინოიდები
90-103

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

რედაქტორი მ. ლუღუშაური

გადაეცა წარმოებას 16.03.2016. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 03.05.2016. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 4,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



*Vires volans,
scripta manens*